

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТРУКТУР В СЕТЕВОЙ СРЕДЕ

Хохлов А.С., Мишутин Д.Ю., Баулин Е.С.

ООО "Центр цифровых технологий" (Москва),

box1563@gmail.com, dymish@gmail.com, baulin.es@mipt.ru

Аннотация: Рассматривается методологический аспект применения моделей для производств типа НПЗ/НХК в сетевой среде направленный на рост эффективности производства и компетенций его специалистов. Раскрывается специфика моделирования выбранного типа объектов, и предлагается выстроить сетевую инфраструктуру с виртуальной командой, состоящей из специалистов ключевой службы основного производства, и возглавляемой независимым Координатором. Подход обобщается на структуры типа ВИНК и нефтехимические кластеры.

Ключевые слова: модель, ИКТ, обратная связь, саморегуляция, виртуальная команда, линейное программирование, оптимизация, технология нефтепереработки, НПЗ, ВИНК, кластер..

Введение

Переход к постиндустриальной эпохе предполагает рост компетенций специалистов предприятий и ключевым инструментом является применение цифровых моделей, охватывающих как отдельные технологические процессы, так и их объединение для производства товарной продукции и оказания услуг. Объясняется это тем, что для объектов НПЗ/НХК и их объединений, применение моделирующих систем в управлении позволяет аккумулировать в них знания о ведении технологических процессов и их взаимодействиях и экономики.

Прогресс информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) существенно расширяет возможности распространения этих знаний за счет интеграции систем и кооперации специалистов в сетевой среде предприятия, что и стимулирует рост их компетенций. Последнее, в свою очередь, повышает требования к средствам моделирования, детализации моделей, представлению результатов и их интерпретации, итак в цикле. Но цикл это же и обратная связь, и если руководствоваться принципами «5А» в ходе создания и модификации моделей, то эти требования будет отслеживаться корректно, как показано в [1].

В докладе будут рассмотрен подход к внедрению систем и организации их корректной эксплуатации, сочетающий принципы «5А» и возможности ИКТ, и позволяющий повысить эффективность моделирования сложных структур типа НПЗ/НХК и их объединений в вертикально-интегрированные нефтяные компании (ВИНК) и нефтехимические кластеры, на примере Нижнекамского (ННХК)[2].

1 Цикл «5А» и моделирование

Эффективная эксплуатация систем оптимизационного моделирования указанных объектов для планирования их работы согласно [1] предполагает выполнение принципов «5А»: «Агрегирование; Актуализация; Адаптация; Аддитивность; Асинхронность». Рассмотрим эти понятия во взаимосвязи на примере объектов НПЗ/НХК, и покажем, что при реализации «5А» возникает цикл, и соответственно создается обратная связь в триаде «аналитик—модель—производство», обеспечивая ее саморегуляцию при ведении модели.

1.1 Агрегирование и актуализация модели НПЗ/НХК и адаптация как инфраструктура

Агрегирование модели, это принимаемый уровень ее детализации в широком смысле. Включает выбор зависимостей (линейных, нелинейных), способов моделирования (аналитические функции, по нормативам и т.п.), декомпозиции подмоделей и т.п., что определяет внешний консультант при разработке модели и внедрении системы по согласованию с руководством предприятия, а на стадии эксплуатации этим занимается аналитик в ходе поддержки модели на объекте.

Особенность агрегирования модели объектов НПЗ/НХК состоит в важности знания оценок детальных свойств потоков от перерабатываемого сырья для каждой из установок и до компонент, идущих на смешение ассортиментного набора товарных нефтепродуктов с показателями качества (ПК) по ГОСТ/ТУ.

Получение оценок детальных свойств сырья поступающего на переработку (например, нефть) по ее паспортным данным рассмотрены в [3]. Оценка детальных свойств нефти — это определение набора узких фракций в виде ИТК (истинная температура кипения) и их ПК. А качество сырья для вторичных процессов с получением целевых продуктов, как правило, в виде компонент может быть

уточнено по данным ходового контроля потоков этих установок из лабораторий предприятия с использованием регрессионных зависимостей [3].

Актуализация модели — это набор действий в рамках определенных сроков в соответствии с принятым регламентом подготовки планов и направленных на корректировку модели перед решением: поступление данных с объекта и контроль их достоверности и согласованности; преобразование данных и коррекция модели. В продвинутой версии модели с учетом нелинейностей, коррекция ее может идти при поиске решения, так и после его нахождения, когда в ходе анализа на допустимость отклонений выявлены несоответствия в результате, и поиск решения повторяется вновь (подробнее см. ниже). Как правило, средства актуализации включают автоматизацию и интеграцию в информационную среду НПЗ/НХК.

И как следствие, сочетание различных подходов к агрегированию и актуализации позволяет существенно снизить уровень детализации модели и тем самым упростить ее решение, за счет усложнения средств актуализации, что и рассмотрено ниже.

Адаптация означает, что на объекте создается такая инфраструктура, где аналитик, приняв уровень агрегирования и способ актуализации модели, сможет в рамках регламентных сроков найти эффективное решение и интерпретировать его, подготовить требуемые пользовательские отчеты, и утвердить их на разных уровнях управления как план производства на выбранный горизонт или в разрезе сутки/час. Нарушение аналитиком регламентных сроков потребует связно корректировать подходы к агрегированию, актуализации и адаптации, что и порождает указанный цикл.

Рассмотрим, как создается инфраструктура, где и реализуются указанные процедуры получения оценок [3] для актуализации моделей объектов НПЗ/НХК. Например, в технологическом отделе и лаборатории организационно выделяются специалисты, которые наряду с работой в системах типа ЛИМС, используя ИКТ должны:

- вести БД нефти, что идет на переработку и потенциальных ее поставщиков; моделировать свойства товарных смесей нефти; преобразовывать данные по фракциям в требуемый их набор с ПК в формат моделирующей системы;
- анализировать качество, например, «средней пробы» нефти ГОСТ 2517-2012 поступающей на переработку в текущем периоде, как минимум плотность/сера и фракционный состав в виде ИТК;
- использовать программные средства для получения указанных оценок детальных свойств потоков, проверять их корректность и уточнять в случае необходимости;
- контролировать корректность использования в моделях объектов НПЗ/НХК полученных оценок ПК потоков и данных ходового контроля из ЛИМС.

Последнее предполагает наличие у специалистов также и необходимой квалификации по эксплуатируемым на предприятии системам моделирования, что позволит им через ИКТ непосредственно взаимодействовать с группой аналитика из планово-экономической службы, кто ведет модель, и рассчитывает план производства.

Потоковая модель с таким уровнем агрегирования будет иметь, как следствие, высокую вариативность, и целесообразна оптимизационная постановка с применением линейного программирования (ЛП). В ЛП-модели должны учитываться количественные и качественные показатели потоков, что делает ее нелинейной для задач текущего планирования (с горизонтом месяц и до года), в частности, из-за необходимости учитывать в подмоделях установок зависимость выходов от ПК входного сырья.

Задача получения календарного плана/расписания (план по суткам/план по часам — КПР) в виде ЛП-модели является еще и частично-целочисленной, что делает КПР с ее реальной размерностью практически не реализуемой для условий промышленной эксплуатации. Соответственно модель КПР требует упрощения, например, в виде декомпозиции потоковой модели по трем переделам: цеха первичных/вторичных процессов и смешение в ТСЦ (товарно-сырьевой цех), и совместного использования оптимизационных и имитационных подходов [4]. Модели каждого из трех переделов будут последовательно решаться, а актуализироваться параллельно-последовательно, с целью получить решение КПР в рамках регламентных сроков.

Подмодели первичных процессов — АТ/АВТ в потоковой модели НПЗ

Агрегированные подмодели технологических процессов в потоковой модели должны отражать влияние качества входного сырья на выходы целевых продуктов и их ПК, технологические ограничения оборудования установки, а также учитывать потребление энергии и вспомогательных материалов на ведение процессов в зависимости от ее загрузки.

Для установок первичной переработки подмодель, например, это наборы граничных вариантов, где каждый из вариантов — это максимальный выход одного из дистиллятов, а далее остальные (последовательно: сначала отбор максимума дистиллята бензина, и затем отбор дистиллята дизельного летнего и удовлетворяющих требованиям стандарта предприятия и т.д.). И так перебор по требуемым дистиллятам, т.е. выбирается с какого из дистиллятов начать, чтобы отобрать его максимум, а далее также с оставшимися.

Актуализация такой подмодели, после обновления данных по нефти, при необходимости, будет обеспечиваться в ЛП-модели автоматически в ходе поиска решения и с использованием метода ПЛП (последовательное линейное программирование) [5]. Если каждый дистиллят в граничном варианте представить в подмодели как смешение узких фракций нефти по заданному рецепту, то в результате актуализации для него определяется количество и набор ПК [5].

Для модели текущего планирования, когда для оценки качества нефти или их смеси, берется, например, «средняя проба» за месяц перед расчетным, то указанная процедура актуализации подмодели даст оценку влияние ПК входного сырья на выходы дистиллятов и их ПК.

Для задачи КПП, варианты подмодели первичной переработки должны генерироваться автоматизировано, т.к. качество поступающей нефти оценивается по текущим данным ходового контроля выходов дистиллятов с этих установок [5]. Наличие подобной процедуры позволяет оперативно создать актуализированный вариант подмодели, например, в имитационной модели цеха первичной переработки, а результаты расчетов передать из нее на вход имитационной модели цеха вторичной переработки.

Адаптация предполагает, что указанные процедуры формирования подмоделей АТ/АВТ для ЛП-модели текущего планирования и комбинированной модели КПП должны быть интегрированы в структуры ИКТ предприятия. Это позволит специалистам предприятия в соответствии с регламентом участвовать в подготовке планов и анализе их выполнения. Ведение этих процедур и контроль результатов на технологическую корректность можно организационно передать, например, специалистам цеха первичной переработки, что прошли подготовку по системам моделирования и работе с ЛИМС.

Подмодели вторичных процессов в потоковой модели НПЗ

Агрегирование подмоделей вторичных процессов типа крекинг, риформинг и т.д., в модели текущего планирования, например, сводится к структуре вида «База+Дельта» с учетом технологических ограничений оборудования установки. Для каждого процесса выделяется Q-ПК сырья, как наиболее полная его характеристика, влияющая на выход целевых продуктов для данного процесса. «База» это выходы целевых продуктов для заданного Q_B -значение выделенного ПК сырья, а «Дельта»-коэффициент изменения выходов целевых продуктов, когда $Q_B \neq Q_T$ — для Q_T —текущего значение ПК сырья.

Актуализация такой ЛП-модели соответствует рис.1. в виде структурной взаимосвязи ЛП-модели/подмодели, с детальной моделью этого процесса. Детальная модель процесса ведется, например, средствами системы UniSim [5] по данным из MES окружения установки: технологические параметры/ходовой контроль входных и выходных потоков. По результатам решения ЛП-модели определяется значение нагрузки по сырью и его Q_T , и по детальной модели процесса получаем значение выходов для сравнения их с решением. В случае, когда расхождения значений неприемлемо, то проводится коррекция «База» и «Дельта» в подмодели и решение ЛП-модели повторяется.

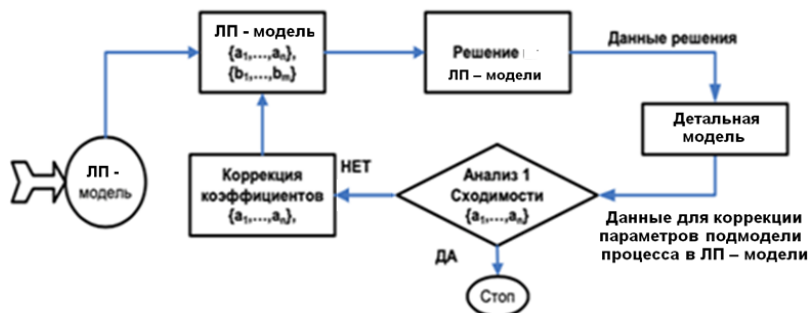


Рис. 1. Взаимосвязь ЛП-модели с детальной моделью процесса

При переходе к задаче КПП подмодель необходимо упростить, оставив только «Базу», т.е. положить $Q_b=Q_t$ и уточнить выходы процесса по его детальной модели, соотнеся их с данными ходового контроля по вторичной установке из ЛИМС.

Адаптация предполагает, что ведение детальных моделей вторичных процессов средствами системы UniSim и контроль их результатов на технологическую корректность организационно передается специалистам в цеха вторичной переработки, и прошедшим подготовку по системам моделирования и работе с ЛИМС. Доступ к этим данным идет через среду ИКТ, что позволит специалистам предприятия непосредственно участвовать в подготовке планов, модификации и анализе их выполнения в соответствии с регламентом. Отметим, что изменение плана, возможно проводить только на основе оперативных бизнес решений (ОБР), утвержденных руководством предприятия и/или компании.

Подмодели процессов смешения и ТСЦ в потоковой модели НПЗ

Агрегирование в ЛП-модели подмоделей смешения по спецификации это переход от не аддитивных ПК к их индексам [5], а подмодель ТСЦ это учет переходящих запасов с предшествующих плановых периодов в обобщенных резервуарах (отражают только имеющийся суммарный объем по типам компонент и товарных продуктов поступающих в них).

Актуализация подмоделей смешения в ЛП-модели должна включать процедуры: уточнение ПК потоков как компонентов смешения, и прогноз по запасам топлив в обобщенных резервуарах на начало планового периода.

Агрегирование в КПП подмоделей смешения по спецификации, сводиться к рецептурным смесям, где рецепты берутся, например, из детальной модели оперативного смешения в среде системы типа Blend [4], что применяют в нефтепереработке. Подмодель ТСЦ должна учитывать технологические ограничения, такие как скорости потоков, длительность проведения анализов для паспортизации резервуаров товарных продуктов, ограничения емкости резервуаров. Влияние этих ограничений сказывается, начиная с суточных интервалов и, соответственно подмодель этого передела реализуется как имитационная [4, 6].

Адаптация предполагает, что организационно специалисты, например, производственного отдела, используя модели оперативного смешения, контролируют подмодели смешения в ЛП-модели. Однако основная трудоемкость это контроль технологической корректности модели КПП и ее взаимосвязи с подмоделью ТСЦ, в частности, ведение запасов по компонентам, так и по товарным продуктам. Специалисты должны пройти подготовку по системам моделирования и работе с ЛИМС, и будут готовить данные для плановых моделей, и контролировать выполнение планов с ходом оперативного смешения и работой ТСЦ. Доступ специалистов предприятия к этим данным обеспечивается средой ИКТ в соответствии с регламентом подготовки планов.

Подмодели общезаводского хозяйства в потоковой модели НПЗ

Агрегирование подмоделей ОЗХ в ЛП-модели проводится, как правило, в упрощенном варианте через нормативный учет и коэффициенты пересчета. Это затрагивает снабжение: основного производства энергией, теплом, водой; факельные и очистные системы с выделением ловушечного потока на переработку и т.д. Учет потребления энергии и вспомогательных материалов для установок технологических процессов, выражен в подмоделях через удельные нормы на нагрузку по сырью или выход целевой продукта.

Актуализация норм должна проводиться как перед расчетом, но еще и в ходе решения и/или с коррекцией после по схеме см. рис. 1, когда в ЛП-модели предусмотрен учет регрессионной зависимости удельных норм от нагрузки для крупнотоннажных установок [8].

Адаптация предполагает, что организационно контроль за корректностью удельных норм в ЛП-модели в указанных случаях должны обеспечить, например, специалисты технологического/производственного отделов и служб главного энергетика, непосредственно взаимодействуя со службами контроля и учета различных потоков ОЗХ. К таким потокам относятся технологические потери по установкам, уровень безвозвратных потерь, соотношение ловушечного потока и т.д.

Необходимо также ввести в ЛП-модель, например, и ряд подмоделей характеризующих экологические параметры оборудования НПЗ, в части выделения различных вредных веществ, и соответственно получение оценок их количества через нормативные коэффициенты в ходе расчета текущего плана. Данные по нормативным коэффициентам для этих подмоделей, например, ведутся в системах класса ERP. Специалисты указанных отделов имеют доступ к этим системам, и дополнительно должны пройти подготовку по системам моделирования для ведения данных и обеспечения их контроля в ЛП-модели.

Потоковая ЛП-модель НПЗ

Агрегирование ЛП-модели — это принятое и согласованное потоковое взаимодействие рассмотренных подмоделей, и «периметр». Последнее это ограничения рынка, и ценовые характеристики потребления сырья, энергии и вспомогательных материалов, поставляемые извне, и потребляемые рынком товарные продукты/услуги. В зависимости от ремонтных циклов установок и/или изменения цен на планируемом горизонте и др., аналитик принимает решение о необходимом числе периодов ЛП-модели, т.е. нужен ли переход к многопериодности.

Актуализация ЛП-модели обрабатывает изменения потоковых взаимодействий, цен и рыночных ограничений, ремонтных циклов по установкам, как с одним периодом, так и в варианте многопериодности.

Адаптация предполагает, что организационно контроль за корректностью изменений вносимых в «периметр» ЛП-модели осуществляют специалисты коммерческой службы предприятия. Задание ремонтных циклов по установкам, корректность принятого потокового взаимодействия в ЛП-модели, и переход к многопериодности контролируют, например, специалисты производственной службы.

Соответственно, система для ведения подобной сложности ЛП-модели, должна в ключевых моментах обеспечивать следующее [5]:

- преобразование данных в подготовленных подмоделях, контроль их корректности в части потоковой взаимосвязи при формировании ЛП-матрицы модели, и предоставление аналитику подробной информации о причинах об ошибках;
- эффективный метод поиска экстремума ЛП- модели в одно и многопериодных вариантах, и со структурами рис.1, и с использованием метода ПЛП и др. И как результат предоставление аналитику подробной информации о ходе поиска, и возникающих осложнениях типа отсутствие решения или сходимости метода ПЛП, для принятия оперативного решения для их преодоления;
- ведение словарей по потоковым объектам, возможность взаимосвязи их с словарями в ИТ-окружении предприятия, и генерация на их основе стандартных отчетов, и наличие средств построения широкого спектра отчетов пользователя;
- наличие средств архивирования вариантов ЛП-модели с результатами решения, и восстановления их, например, для последующей модификации и др.;
- многопользовательский доступ к ЛП-модели с возможностью предоставления различных прав доступа пользователям, что соответствует моделированию в сетевой инфраструктуре с использованием ИКТ.

Важной характеристикой системы является ее открытость, что позволит подключать к ней дополнительное ПО, например, в виде опций расширяющих ее функциональность для получения оценок ПК потоков, анализа решения и его интерпретации и т.п. В качестве основных направлений расширения функциональности выделим следующие:

- Возможность получения оценок показателей качества потоков, и ИТК нефти. Оценка должна производиться по апробированным регрессионным зависимостям и номограммам с возможностью настройки на основе данных ходовой контроля из ЛИМС;
- Автоматизированная диагностика корректности модели и решения, и анализ возможных причин возникновения: решение не сходится или отсутствует;
- Автоматизированная актуализация и автономная настройка:
 1. норм расхода утилит в подмоделях в процессе решения (учет переменных норм расхода энергоресурсов);
 2. выходов и качества дистиллятов подмоделей первичной переработки в зависимости от качества сырья и перекрытия нефтяных фракций;
 3. выбранных нелинейных подмоделей установок и смешения с использованием вспомогательной модели.
- Автоматическое построение потоковой диаграммы ЛП-модели, например, в среде MS Visio для визуализации решения с требуемой степенью детализации, и возможность просмотра отчетов и потоковой схемы на мобильных устройствах (iPad и т.п.);
- Средства интеграции систем моделирования и класса ERP для обеспечения двунаправленной передачи данных посредством файлов требуемого формата;
- Возможность проведения инвестиционного расчета по результатам технологического моделирования с экспресс-оценкой и предварительным анализом инвестиционных проектов реконструкции, модернизации и нового строительства НПЗ/НХК.

В качестве примера рассмотрим предлагаемый подход к созданию необходимой инфраструктуры для объекта сложности НПЗ при реализации проекта по моделированию «Комплекс оперативного смешения и планирования». Комплекс систем обеспечивает построение моделей смешения товарных нефтепродуктов, и получения планов НПЗ от КПП до выработки стратегии и инвестиционных мероприятий. Инфраструктура для реализации проекта представлена на рис.2. в виде ансамбля, где подчеркивается сетевой характер связей между системами, моделями и специалистами. Руководство НПЗ для построения подобной инфраструктуры должно в помощь руководству служб, например, пригласить независимого Координатора для управления проектом.

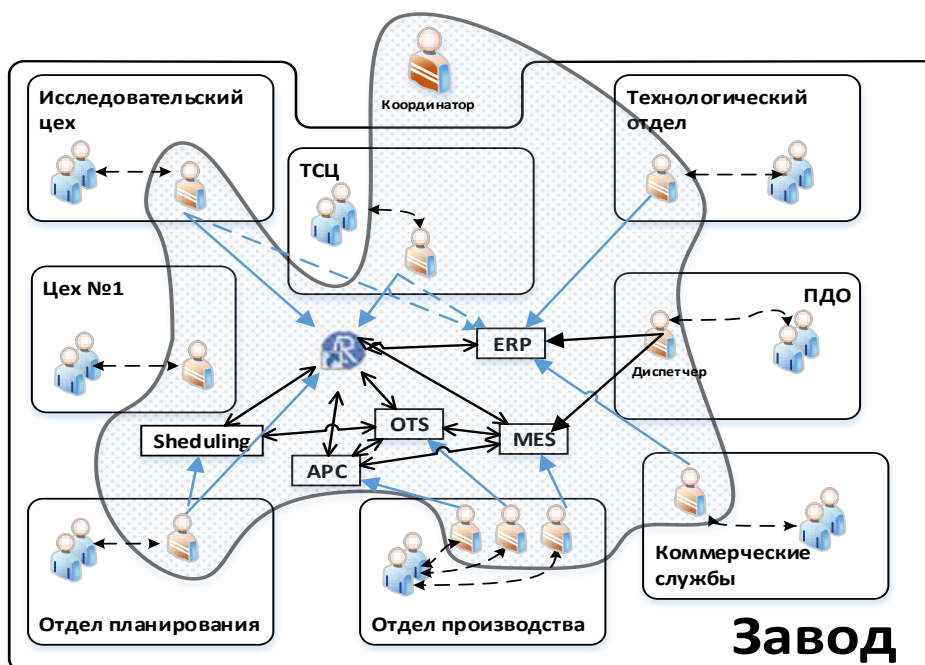


Рис. 2. Инфраструктура для моделирования НПЗ

Координатор проекта обеспечивает выполнение следующих мероприятий:

1. **Формирование виртуальной команды под проект.** Обсуждение с руководством ключевых служб о выделении для реализации проекта на постоянной основе по 2—3 специалиста, часть времени которых будет уходить на участие в нем. В результате образуется виртуальная команда 10—12 специалистов из ключевых служб НПЗ для работы по проекту.

2. **Регламент работы с моделями и роли специалистов команды.** Разработка регламента работ по проекту с указанием ролей специалистов в команде, с учетом специфики их работы в службах, и руководствуясь принципами «5А» и возможностями ИКТ, и тем самым расширение их должностных обязанностей и критериев поощрения по соглашению с руководством служб и НПЗ.

3. **Отношения сотрудничества и конкуренции внутри команды.** Проводит обучение специалистов работе с системами моделирования согласно их ролям, стимулирует внутри команды отношения сотрудничества и конкуренции, что является катализатором для более глубокого понимания возможностей систем и интенсификации работ над проектом.

4. **Совершенствование управления проектом.** Контроль выполнения специалистами команды круга работ и сроки их выполнения в соответствии с положениями регламента при реализации проекта. В ходе контроля оценивается соответствие между принятым уровнем агрегирования моделей и способом их актуализации, и в случае необходимости, проводится их коррекция и совершенствуется управление проектом и инфраструктура.

5. **Взаимодействие с диспетчером производства.** Организация взаимодействия с диспетчером производства, позволяет более четко представлять сценарии развития событий по текущему месяцу и на предстоящий для принятия решения по актуализации моделей КПП / оперативного смешения с ТСС в краткосрочной перспективе и моделей на горизонт месяц и более, и получать оценки их взаимного влияния в силу вложенности.

Тандем с диспетчером проектной команды постепенно позволит существенно расширить применимость модельного подхода к управлению производством, и тем самым обеспечит рост эффективности принимаемых решений.

7. Контроль аддитивности планов. Проводит со специалистами команды увязку планов, как например, план календарный и на месяц, план по месяцам и на квартал, что соответствует понятию аддитивности в «5А». Анализирует возникшее отличие в соответствии с регламентом, где должно быть зафиксировано допустимое расхождение между вложенными планами производства.

6. Анализ возникновения асинхронности. Организация, со специалистами команды в регламентные сроки, анализа причин возникших расхождений плана и факта и отличия сценариев как готовились данные, например, для актуализации модели получения текущих планов, что соответствует понятию асинхронности в «5А». Возможно, далее это потребует коррекции агрегирования этой модели, например, переход с одного периода на многопериодное планирование.

8. Оценка качества моделирования по показателям асинхронности и аддитивности. Координатор информирует на оперативных совещаниях руководство ключевых служб и НПЗ о возникшей асинхронности и возможных нарушениях аддитивности в планах, с указанием причин и вариантах управленческих решений, например, в виде ОБР или временно игнорируется.

Конечная цель изложенного подхода к построению инфраструктуры подобно рис.2 состоит в создании таких благоприятных условий, что процесс работы с Комплексом постепенно захватит более широкий круг специалистов НПЗ, и через рост их квалификации и инициативы позволит руководству перейти к более гибкому управлению предприятием.

В настоящее время, практически на всех НПЗ РФ руководитель планово-экономической службы отвечает за ведение планового процесса, и имеет внутри группу для проведения расчетов планов на моделях в среде оптимизационной системы типа RPMS. Подготовка ЛП-модели к расчету, включая сбор и анализ данных из ключевых служб для ее актуализации, получение решения и его интерпретацию осуществляет в соответствии с регламентом группа из 2—3 специалистов во главе с аналитиком. В ходе эксплуатации систем специалисты группы постепенно воспринимают свою деятельность не в креативном ключе, а как рутину. Причины в отсутствии контроля состояния модели со стороны специалистов служб поставщиков данных в соответствии с регламентом, и наличие исключительно жестких ограничений задаваемых руководством разных уровней управления, с целью выхода на контрольные цифры, гарантирующие им преференции.

В результате ЛП-модель деградирует, превращаясь просто в оптимизационный «калькулятор планов» и план почти совпадает с фактом, а для модели оперативного смещения «отдача качества» минимальна. Через пару лет, как правило, приглашают внешнего консультанта для инспекции состояния ЛП-модели, и в ходе ее анализа и модификации, следуя «5А», она вновь возрождается из пепла, и цикл повторяется.

Критичность в наличии инфраструктуры на сложных объектах типа НПЗ/НХК для ведения комплексной модели КПП значительно выше, в связи с оперативностью в принятии управленческих решений. Соответственно системы моделирования для КПП без четко проработанной инфраструктуры на объекте, например, как указано выше, практически не работают. Фактически аналитик создает авторскую модель в виде разнородной совокупности взаимосвязанных Excel таблиц, что тоже своего рода «современный калькулятор» планов и расписаний. Постепенно авторская модель превращается в цифрового монстра, с которым только аналитик и может с трудом справиться.

Нам представляется, что выход из ситуации с неэффективностью применения моделирующих систем для сложных объектов типа НПЗ/НХК состоит в переходе к ансамблю подобно рис.2 под управлением независимого Координатора, что и рассмотрено выше.

Предлагаемый подход в построении ансамбля масштабируется, например, на структуры ВИНК или кластеры типа ННХК [2], когда требуется создать глобальную модель управления комплексом ключевых производственных объектов их образующих (рис. 3).

Необходимым условием для создания глобальной модели объединения производственных объектов типа ВИНК или кластер это наличие на каждом из объектов детальной потоковой модели и локального ансамбля с Координатором. Наличие подобных моделей позволяет ансамблю для каждой из них рассчитать свою группу векторов выходных потоков для разных условий на входе, включая и затраты, и корректировать их при необходимости согласно рис.1. Тогда глобальная модель будет представлять собой ЛП-модель из совокупности групп входных и выходных векторов, потоков взаимосвязи объектов и обобщенного «периметра» для объединения. Для ее применения вводиться Координатор глобальной структуры с экспертами по моделированию, что будут в среде ИКТ взаимодействовать с локальными ансамблями, и в совокупности возникнет глобальный ансамбль, моделирующий всю структуру в виде рис.3. на примере ННХК.

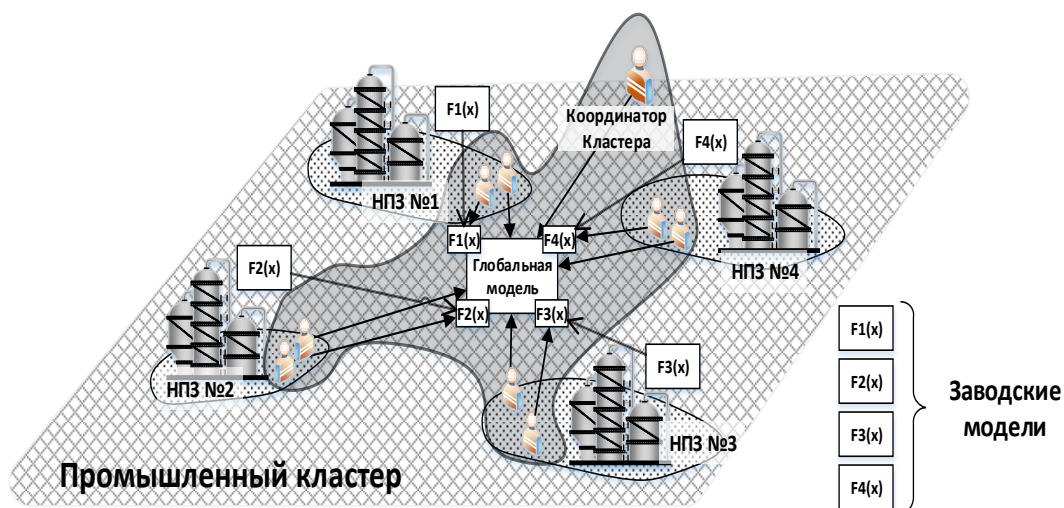


Рис. 3. Инфраструктура для моделирования НХК

Необходимо отметить, что полученная ЛП-модель объединенного объекта является результатом применения достаточно универсального подхода, когда для подобных объектов за счет усложнения актуализации за счет привлечения детальной модели упрощается агрегирование, следуя рис.1 и обеспечивается адаптация через формирования инфраструктуры средствами ИКТ.

Заключение

1. При реализации «5А» возникает цикл, что и создает обратную связь в триаде «аналитик–модель – производство», обеспечивая ее саморегуляцию при ведении модели. Тем самым «5А» является необходимым и достаточным условием корректной эксплуатации на производстве систем как оптимизационного, так и имитационного моделирования.
2. Применение принципов «5А» в сетевой инфраструктуре для сложных производственных объектов, позволяет повысить эффективность использования моделирующих систем, и, порождая кооперацию и конкуренцию, стимулирует рост компетенций их специалистов.
3. Сложный производственный объект типа НПЗ/НХК и их объединение практически всегда можно представить в виде ЛП-модели за счет усложнения актуализации с использованием детальных моделей входящих в него объектов.

Литература

1. Хохлов А.С., Баулин Е.С., Коннов А.И., Мишутин Д.Ю. Комплекс интегрированного планирования деятельности ВИНК// Автоматизация в промышленности, Москва, 2018, №12. — с. 17—28.
2. Хохлов А.С., Мишутин Д.Ю., П.Е. Бородин, Комплекс моделирования производственного ядра нефтехимического кластера // Доклад на двенадцатой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2019», 1—3 октября ИПУ РАН 2019 г., Москва, Россия, Ред. акад. С.Н. Васильева, д.т.н. А.Д. Цвиркуна Научное электронное изданиеЭ, стр.642—645.
3. Хохлов А.С., Демиденко К.А., Цодиков Ю.М., Гайнетдинова А.Н., Оптимизационный расчет товарной характеристики и потребительской ценности нефти. Уч. пособие. РГУНиГ им. Губкина, 2009 г., —58с.
4. Шайдуллин Р.А., Хохлов А.С., Проказина М.В. Имитационные модели в комплексе календарного планирования производства // Автоматизация в промышленности, Москва, 2012, №10. — с. 15—21.
5. Хохлов А.С., Цодиков Ю.М., Баулин Е.С., Оптимизационные модели НПЗ/НХК и средства их поддержки. Учебное пособие. — М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2015. — 91 с.
6. Городнова М.В., Хохлов А.С., Имитационный подход к решению задачи календарного планирования и построения расписаний в нефтепереработке// Автоматизация в промышленности, Москва, 2018, №12. — с. 57—64
7. Вижгородский Б.Н., Хохлов А.С., Цодиков Ю.М. Оптимизация распределения фракций нефти при первичной переработке. — Нефтепереработка и нефтехимия, 1981, №7, —с.19—23.
8. Baulin E. S., Boronin A. B., and Khokhlov A. S., Rolling Detailed Short-Term Planning of Oil Refineries and Petrochemical Complexes and Optimization Model Updating, Automation and Remote Control, Vol. 76, No.1, 2015. —с. 139—146